UEBER

DIE ELLIPTISCHE POLARISATION

DES LICHTS

DURCH REFLEXION AM FUCHSIN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPH. DOCTORWÜRDE

AN DER

UNIVERSITÄT ROSTOCK

VON

OTTO FERDINAND BARCZYŃSKI

AUS THORN.

THORN.

BUCHDRUCKEREI VON J. BUSZCZYŃSKI.

1880.

HERRN PRIVATDOCENT

Dr. TH. LIEBISCH

CUSTOS AM KGL. MINERALOG. MUSEUM DER UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

ALS EIN ZEICHEN DER FREUNDSCHAFT UND VEREHRUNG

ZUGEEIGNET VON DEM

VERFASSER.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553624_0151

Schon Malus erkannte, dass spiegelnde Metallflächen nicht im Stande wären, das Licht vollständig zu polarisiren, sondern dass die Polarisation mit wachsendem Einfallswinkel sich einem Maximum nähere.

Im Jahre 1811 legte Arago dem französischen Institute die Resultate der Untersuchungen Newton'scher Ringe vor, welche durch eine spiegelnde Metallfläche und eine Glaslinse gebildet wurden. Darauf fand Brewster [1]) im Jahre 1815, dass das von Metallen reflectirte Licht bei seinem Durchgange durch dünne Krystallplättchen die complementären Farben des polarisirten Lichtes zeigte. Derselbe Forscher veröffentlichte dann im Jahre 1830 in einer grösseren Abhandlung [2]) die Erscheinungen des durch metallische Reflexion elliptisch-polarisirten Lichtes. F. E. Neumann [3]) in Königsberg gab kurze Zeit nachher die theoretische Erklärung dieser Phänomene und wies nach, dass die Bahnen der schwingenden Aethertheilchen wirklich Ellipsen seien. — Von Forschern, welche sich mit diesem Gegenstande experimentell beschäftigt

[1]) Brewster: Phil. Transact. 1815 pg. 142.

[2]) Brewster: „On the Phenomena and Laws of Elliptic Polarization as exhibited in the action of Metals upon Light". By D. Brewster. Ph. Trans. 1830 pg. 287, Pogg. Ann. B. 21. p. 219.

[3]) Neumann: Pogg. Ann. Bd. 26. Bd. 40.

haben, sind zu nennen: Haughton [1]), de Senarmont und vor Allen Jamin und Quincke.

Fresnel [2]) und Neumann [3]) hatten die theoretische Erklärung der Reflexion des Lichtes gegeben; — aus Brewster's Versuchen bestätigten sich diese Gesetze, welchen allein die Metalle nicht folgten. Es zeigte sich indessen, dass auch einige durchsichtige, besonders stark brechende Körper nicht im Stande wären, das Licht vollständig zu polarisiren. Brewster hatte diese Beobachtung zuerst gemacht, und Seebeck [4]) bestätigte 15 Jahre darauf die Erscheinung am Diamant und der Zinkblende. Airy [5]) nahm diese Versuche wieder auf und erkannte, dass das von den genannten Körpern reflectirte Licht in der That elliptisch polarisirt sei. Die Componenten des reflectirten Lichtes mussten also gegeneinander verzögert sein, die Phasendifferenz mit wachsendem Einfallswinkel sich von Null bis $\lambda/_2$ vergrössern und beim Haupteinfallswinkel $\lambda/_4$ betragen. Doch fand Airy die Reflexion des Lichtes an Metallen von der an diesen durchsichtigen Körpern wesentlich dadurch verschieden, dass bei ersteren die Phasendifferenz allmählich bis $\lambda/_2$ zunimmt, während sie bei den letzteren kurz vor dem Haupteinfallswinkel wahrnehmbar wird, um dann schnell auf $\lambda/_4$ (die Phasendifferenz des Haupteinfallswinkels) zu steigen und kurz hinter demselben $\lambda/_2$ zu erreichen. Ferner beobachtete er bei der Reflexion am Diamant und der Zink-

[1]) Haughton. Phil. Transact. 1863. I. 1 p. 81.

[2]) Fresnel: Ann. d. chim. et d. phys. Bd. 17. pg. 219.

[3]) Neumann: „Die Gesetze der Reflexion und Brechung des Lichts". Abhandlung d. Berl. Acad. Jhrg. 1835.

[4]) Seebeck: „Observationes de corporum lucem simpliciter refringentium angulis polarisationis: Diss. Berol 1830. Pogg. Ann. Bd. 20 p. 35.

[5]) Airy. Phils. Magaz. 3 Series vol. 1 (1833) pg. 25; Pogg. Ann. Bd. 28.

blende, dass die Amplitude des senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtes, sehr klein war gegen die der Einfallsebene parellele, während bei den Metallen das Umgekehrte stattfand. Mit anderen Worten: bei den Metallen beobachtete man „positive Reflexion", während die Reflexion an den untersuchten durchsichtigen Körpern eine negative war [1]). Die Erscheinungen am Diamant und an der Zinkblende fanden nun durch die Theorie Fresnel's und Neumann's nicht ihre hinreichende Erklärung. Cauchy [2]) gab daher im Jahre 1837 in den Comptes Rendues Formeln, durch welche die Intensität und die Phase, des von den genannten Körpern reflectirten Lichtes dargestellt wurden. Diese Gleichungen unterscheiden sich von denen Fresnel's nur durch eine Constante, welche er den Ellipticitätscoefficienten genannt hat, dessen Grösse im Wesentlichen die Phase und Intensität des reflectirten Lichtes bestimmt. Ist dieser Coefficient gleich Null, so gehen diese Formeln in die Fresnel'schen über. — Der englische Mathematiker Green [3]) gab ebenfalls in demselben Jahre Formeln für die Intensität und Phasendifferenz des elliptisch polarisirten Lichtes. Diese unterscheiden sich aber von denen Cauchy's dadurch, dass sie beide genannte Grössen als allein abhängig von den Brechungsexponenten der betreffenden Substanzen darstellen. Neben diesen Forschern müssen noch Mac Cullagh [4]) und O'Brien [5]) erwähnt werden, welche werthvolle Beiträge zur Theorie des elliptisch polarisirten Lichtes geliefert haben.

---

[1]) „Positive — negative Reflexion". Siehe Jamin. Ann. d. chim. et d. phys. III. Sér. T. 29 u. 30. Pogg. Ann. Ergbd. III. und Quincke: Pogg. Ann. Jubelband.

[2]) Cauchy: Comptes Rendues T. 9. p. 729. 1839 und T. 28. p. 124. 1849.

[3]) Green, Mathematical Papers. London 1871. pg. 291 (1837.)

[4]) Mac Cullagh: Proced. of the Irish. Acad. 1836—37. I. p. 2.

[5]) O'Brien: Phils. Magaz. 1845. p. 287. u. p. 93.

Jamin [1]) untersuchte nun eine bedeutende Zahl von Körpern auf elliptische Polarisation und unterwarf die gewonnenen Resultate einem Vergleich mit den aus den Cauchy'schen Gleichungen berechneten Werthen. Es ergab sich daraus die vollständigste Gültigkeit der Formeln, sowohl für vollkommen durchsichtige, als auch für weniger durchsichtige und opake Körper. Den Ellipticitätscoefficienten fand Jamin für verschiedene Körper positiv, für andere negativ. Er unterschied demnach Körper mit positiver Reflexion und solche mit negativer. Für den Menilit, eine undurchsichtige braune mattglänzende Varietät des Opals, wie für Alaun fand er den Coefficienten gleich Null. Für diese Körper hätten demnach die ursprünglichen Formeln Fresnel's und Neumanns ihre Gültigkeit. Herr Quincke [2]) wies indessen nach, dass diese Eintheilung nur gelte, wenn man die Reflexion der betreffenden Körper in Luft untersucht, dass der Ellipticitätscoefficient für dieselbe Substanz bald positiv bald negativ sein kann, jenachdem man die Reflexion der Körper an der Grenze verschieden brechbarer Medien untersucht. Im übrigen gelangte jedoch Herr Quincke durch seine exacten Messungen an verschiedenen Metallen zu dem gleichen Resultate wie Herr Jamin, so dass durch diese beiden Forscher endgültig die Richtigkeit der Cauchy'schen Formeln nachgewiesen ist. — Es giebt nun eine Anzahl von höchst interessanten Körpern, welche für einige Theile des Spectrums sich verhalten, wie Metalle, für andere Farben dagegen durchsichtig sind, wie der Körper auf den sich die nachfolgenden

[1]) Jamin: Ann. d. chim. et d. phys. III. Sér. T. 29 u. 30 Pogg. Ann Erg. bd. II. p. 437 und Pogg. Ann. Ergbd. III. p. 269 u. 282.

[2]) Quincke. Pogg. Ann. Bd. 128. p. 541. 1866.

Untersuchungen beziehen. Haidinger [1]) nannte die Substanzen: „Körper mit Oberflächenfarben". Ausser diesen Oberflächenfarben aber zeigen diese merkwürdigen Körper noch anomale Dispersion und eine beträchtliche Absorption für gewisse Farben, wie Herr Christiansen [2]) am Fuchsin zuerst dargethan hat.

Herr Kundt [3]), welcher sich mit der anomalen Dispersion und Absorption dieser Körper auf das Eingehendste beschäftigt hat, weist nach, dass diese Absorption eine Folge sei des starken Reflexionsvermögen, welches diese Körper für gewisse Farben des Spectrums besitzen. Er sagt: „Wenn „irgend ein Körper z. B. der Krystall eines Anilinfarbstoffes, „eine Gattung von Strahlen, etwa die grünen, stark reflectirt, „so werden in dem Spectrum des durchgelassenen Lichtes „diese Strahlen hauptsächlich fehlen, das durchgehende Licht „wird also spectral untersucht, an Stelle der betreffenden „Strahlen scheinbar eine Absorptionsbande zeigen, und wenn „die Oberflächenfarbe aus verschiedenen Strahlenpartien be„steht, so wird im durchgehenden Licht eine gleiche Anzahl „von dunklen Stellen anscheinenden Absorptionsbanden „auftreten. Untersucht man aber das durch einen Körper „mit Oberflächenfarbe hindurchgehende Licht prismatisch „(oder das durch seine Lösung gehende), so findet man, „dass die Verdunklung gewisser Stellen schnell zunimmt „mit der Dicke der durchstrahlten Schicht. Man findet, dass „die Körper für die Strahlen, die sie stark reflectiren, die „also schon dadurch mit geringerer Intensität in den Kör-

[1]) Haidinger: Ueber d. Zushg. d. Körper u. Oberflächenfarben. Ber. d. W. Acad. 1852. Bd. 8. p. 97.

[2]) Christiansen: Pogg. Ann. Bd. 141 und 143 u. 146.

[3]) Kundt: Pogg. Ann. 1872. Bd. 143. p. 259.

„per gelangen, einen ziemlich beträchtlichen Absorptions-„coefficienten haben und zwar nur für diese Strahlen".

Diesem starken Reflexionsvermögen entspricht, wie bei den Metallen, auch eine besonders starke elliptische Polarisation des zurückgeworfenen Lichtes. Lassen wir daher weisses polarisirtes Licht auf eine spiegelnde Fuchsinfläche fallen, so wird das reflectirte Licht elliptisch polarisirt sein. Da aber die Richtungen der Axen der Ellipsen nicht für alle Farben dieselben sind, so ergiebt sich, dass beim Drehen des analysirenden Nicols die Fuchsinfläche ihre Farben ändert, ähnlich der einer Quarzplatte, welche senkrecht zur Richtung der optischen Axen aus einem Bergkrystall geschnitten worden ist. Die Fuchsinfläche geht durch ein mattes Gelb und Grün in ein lebhaftes Blau über. — Ausser diesen Eigenschaften zeigen die Körper mit Oberflächenfarben und anomaler Dispersion auch einen deutlichen Dichroismus. „Man überzeugt sich hiervon sagt Herr Kundt [1]), indem man die Lösungen in sehr dünnen Schichten auf Glasplatten auskrystallisiren lässt und unter dem Mikroscop auf Dichroismus untersucht".

Haidinger war der erste, welcher Oberflächen und Körperfarben einer genaueren Untersuchung unterwarf. Doch sind seine Beobachtungen — meist mit der von ihm construirten dichroscopischen Loupe angestellt — nur qualitativer Art. Seine Arbeiten über diesen Gegenstand fallen in die Jahre 1846—52. Während dieser Zeit hatte auch Sir David Brewster die Oberflächenfarben der Körper in seinen Kreis gezogen und war unabhängig von Haidinger zu Resultaten gelangt, die er im Jahre 1846 auf einer Versammlung engli-

[1]) Kundt: Pogg. Ann. Bd. 143. p. 149.

scher Naturforscher zu Southampton veröffentlichte [1]). So gebührt diesen beiden Forschern das Verdienst, das Studium der Körper mit Oberflächenfarben angeregt zu haben.

Die neueren Untersuchungen des Herrn Kundt [2]) haben besonders die Erforschung der Wechselbeziehungen zwischen den Oberflächenfarben der Körper, der anomalen Dispersion und Absorption des Lichtes zum Zweck. Von Herren Van der Willigen [3]) und Stokes [4]), besitzen wir dagegen Messungen des durch diese Körper reflectirten elliptisch polarisirten Lichtes. Die ausgedehntesten Messungen dieser Art hat aber Herr E. Wiedemann in Leipzig am Fuchsin angestellt. Ueber die Reflexionsconstanten dieses Körpers finden wir noch Angaben von Herrn Wernicke [5]) und Herrn Lundquist in Upsala [6]), welcher letztere die Reflexion in Glas an Fuchsin zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht hat.

Da die spiegelnden Fuchsinflächen, nach der Methode des Herrn E. Wiedemann [7]) angefertigt, sich als sehr unvollkommen für die Beobachtung der Reflexion erwiesen, weil, wie er selbst sagt, das Fuchsin sich bei dieser Herstellungsart

---

[1]) Brewster: Notice of a New Property of Light exhibited in the action of Chrysamate of Potash upon Commonand Polarized Light.

[2]) Kundt: Ueber die anomale Dispersion der Körper mit Oberflächenfarben. Pogg. Ann. Bd. 143, 149.

[3]) Van der Willigen. Pogg. Ann. Bd. 117. p. 464. 1862.

[4]) Stokes: Ueber die Metallreflexion an gewissen nicht metallischen Substanzen. Pogg. Ann. Bd. 91. p. 300.

[5]) Wernicke: Ueber d. absolute Phasenänderung d. Lichts und über die Theorie d. Reflexion d. Lichts. Pogg. Ann. Bd. 159. pg. 198.

[6]) Lundquist: Ueber die Reflexion des Lichtes an der Oberfläche isotroper Körper. Pogg. Ann. Bd. 152.

[7]) E. Wiedemann: Ueber d. ellipt. Polarisation d. Lichtes und ihre Beziehungen zu den Oberflächenfarben d. Körper. Berichte d. Sächs. Gesellschaft 1872.

der Spiegel mehr oder weniger krystallinisch niederzuschlagen pflegt und die angewandte Messungsmethode für die verschiedenen Farben des Spectrums nicht geeignet ist, genaue Werthe zu liefern, so unternahm ich auf Vorschlag des Herrn Geheimrath Helmholtz die nochmalige Bestimmung der Reflexionsconstanten des Fuchsins. Ich bin dabei zu anderen Resultaten gelangt als Herr Wiedemann. Der Grund davon mag erstlich sein, dass wir ganz verschiedene chemische Substanzen untersucht haben; (Herr Wiedemann unterlässt die Angabe der chem. Zusammensetzung seines Fuchsins) dann gelang es mir nach verschiedenen Verfahren Spiegel tadelloser Art darzustellen; und durch die Güte des Herrn Geheimrath Helmholtz wurde mir ein Apparat zur Verfügung gestellt, der für diese Messungen besonders eingerichtet, an Vollkommenheit nichts zu wünschen übrig liess.

Während ich noch mit dem experimentellen Theil dieser Arbeit beschäftigt war veröffentlichte Herr Dr. Glan in den Annalen des Herrn Wiedemann „die Haupteinfallswinkel des Fuchsins“ und ich hatte die Freude constatiren zu können, dass die Messungen des Herrn Glan mit den meinigen fast genau übereinstimmten.

Die Herstellung der Fuchsinspiegel.

Das zur Herstellung der Spiegel verwendete Fuchsin war einfach salzsaures Rosanilin, kleine grüne metallisch schillernde Octaeder, welche leider nicht gemessen werden konnten, da sie bei der leichtesten Berührung zerbrachen. Lösungen des einfach salzsauren Rosanilin in Alkohol durch den Spectralapparat auf Absorption geprüft, zeigten ein Band im Grünen.

Ein Theil des zu Spiegeln verwendeten Materials fand

sich im physicalischen Institut vor. Dasselbe ist — nach der darauf befindlichen Marke — im Jahre 1866 von Bayer in Barmen dargestellt worden und unterscheidet sich von dem übrigen mir vorliegenden Fuchsin, schon äusserlich durch die mehr gelblich grüne Farbe. Die beiden anderen Proben, von schöner tief grüner Farbe, wurden mir durch die Güte des Herrn Dr. Glan zu Theil. Es war von demselben Fuchsin, das er zur Herstellung seiner Fuchsinspiegel benutzt hatte.

Beide Theile sollen sich durch eine ganz besondere Reinheit auszeichnen. Das erste besonders gross krystallisirt ebenfalls von Bayer in Barmen, ist eins von jenen schönen Präparaten, welche die Weltausstellung in London mitgemacht haben. Das andere, aus einer Londoner Fabrik, konnte ich zur Herstellung von Spiegeln nicht verwenden, da mir zu wenig davon zu Gebote stand, um eine hinreichende Menge concentrirter Fuchsinlösung daraus schaffen zu können.

Die Spiegel wurden dadurch hergestellt, dass ich Fuchsinlösung auf Glas verdampfen liess. Die Art der Verdampfung war verschieden gewählt, je nachdem die Verwendungsweise der Spiegel eine andere war. — Die benutzten Glasplatten waren gute mikroscopische Objectträger, von deren Ebenheit man sich zuvor dadurch überzeugte, dass man die Bilder, welche durch Reflexion an einer der Flächen entstanden (als Object benutzte man das Fadenkreuz des Collimators) einer genauen Prüfung mit dem Fernrohr unterwarf. So ausgewählte Gläser wurden vor der Benutzung durch Waschen mit Aether und Alkohol sorgfältig gereinigt.

Die Spiegel zur Messung des elliptisch polarisirten Lichtes stellte ich nun folgendermassen dar. Ich verschaffte mir zunächst eine concentrirte Lösung von Fuchsin in absolutem Alkohol, erwärmte alsdann die gereinigte Glasplatte über der Flamme

eines Bunsen'schen Brenners so lange, bis der auf dem Glase entstandene Niederschlag von Wasser wieder verschwand. Auf dieser Glasplatte verdampft ein Tropfen der Fuchsinlösung sofort unter Zurücklassung eines glänzenden Spiegels. Um nun das Fuchsin recht gleichmässig auf die Glasfläche aufzutragen, wickelte ich sorgfältig um einen Objectträger, dessen eine Kante sauber angeschliffen war, ein dutzend Mal schönes glattes, ungefärbtes Seidenpapier. Dieses weiche ebene Polster tauchte ich in die concentrirte Fuchsinlösung und führte dasselbe schnell über die erwärmte Glasplatte — es bildete sich sofort der Spiegel, der um so besser war, je gleichmässiger man das Fuchsin aufgetragen. Man erkennt die Unzulänglichkeit der Spiegel sofort an der nicht gleichmässigen Farbe derselben. Doch rührte die Verschiedenheit der Farbe nicht von einer krystallinischen Structur (Dichroismus) her, sondern von der ungleichmässigen Dicke der Fuchsinschicht. Solche Spiegel sind natürlich zu verwerfen. Bei einiger Uebung jedoch misslingt auch nicht ein einziger. Auf diese Weise habe ich eine grosse Anzahl sehr schöner Spiegel sowohl aus Fuchsin als auch aus Methylviolett dargestellt.

Die Anfertigung von Spiegeln, welche ich gelegentlich zur Messung der Absorption mit dem Glan'schen Photometer benutzte, geschah auf eine andere Art. Es kam bei diesen Spiegeln besonders darauf an, dass sie hinreichend dünn, um genügend Licht durchzulassen, und von gleichmässiger Dicke waren.

Man trug zu dem Zwecke auf eine grössere ebene Spiegelglasplatte ziemlich verdünnte Fuchsinlösung in etwas grösserer Menge auf, legte dann die sorgfältig gereinigte Glasplatte, welche den Spiegel tragen sollte, darüber und führte dieselbe mit den Fingern unter gelindem Druck hin und her, um die

Luftbläschen zwischen den beiden Platten zu beseitigen, gerade wie man bei der Herstellung von mikroscopischen Präparaten verfährt, wenn die Luftbläschen aus der Schicht Canadabalsam entfernt werden sollen. Nachdem dies zur Genüge geschehen, zieht man die kleine Glasplatte vorsichtig herunter und bringt dieselbe zugleich mit einem kleinen Ball Watte, die mit Aether getränkt ist, unter ein Becherglas, damit der Alkohol auf der Glasplatte so langsam wie möglich verdunsten kann, und die Flüssigkeit also Zeit hat, sich gleichmässig über das Glas auszubreiten. Man muss dabei etwas schnell verfahren, weil vom Rande aus der Alkohol sich ungleichmässig verflüchtigt. Es ist daher gut, mit einem mit Alkohol angefeuchteten Papier die Ränder des Spiegels fortzunehmen. Sie verlieren dadurch natürlich beträchtlich an Grösse; doch ist es mir gelungen auch auf diese Weise einige fast 2 Quadratcentimeter grosse und schöne Spiegel darzustellen, welche auch nicht eine Spur von Dichroismus zeigen.

Herr Dr. Glan stellte Fuchsinspiegel dar, indem er Lösungen von Fuchsin in Alkohol auf Glas in dem aufsteigenden Luftstrome einer Lampe verdampfen liess. Man erhält allerdings nach diesem Verfahren zuweilen schöne Spiegel; doch hängt das Gelingen derselben recht sehr vom glücklichen Zufall ab. Die so angefertigten Spiegel sind mehr oder weniger grünfleckig, da, bei dem schnellen Verdampfen des Alkohols und der ungleichmässigen Vertheilung der Lösung durch das einfache Aufgiessen derselben, das Fuchsin sich nicht überall in gleicher Dicke niederzuschlagen pflegt.

Die Spiegel wurden vor ihrer Benutzung auf der Rückseite, wie auf den vorderen freiliegenden Glaspartien, mit einer Schicht von schwarzem Wachs überzogen, damit nicht fremdes etwa vom Glas reflectirtes Licht, die Beobachtungen störte.

Die Methode der Messung des ellipt. polaris. Lichtes.

Ich wende mich jetzt zu einigen der bemerkenswerthesten Methoden, welche dazu dienen, die Aenderungen der Amplitude oder der Intensität und die Aenderungen der Phase zu messen, welche durch die Reflexion hervorgebracht werden [1].

Brewster [2] bestimmte in seinen ersten Versuchen den Phasenunterschied der beiden Componenten des elliptisch polarisirten Strahls durch die Färbung, welche das von den Metallen reflectirte Licht einem dünnen Krystallplättchen ertheilt. Später mass er die elliptische Polarisation, indem er einen geradlinig polarisirten Lichtstrahl unter demselben Winkel zu wiederholten Malen reflectiren liess und den Einfallswinkel suchte, bei welchem nach der geringsten Anzahl von Reflexionen die Polarisation wieder eine geradlinige war.

De Sénarmont [3], dessen Methode sich im Wesentlichen Herr Wiedemann bediente, benutzte zur Bestimmung der elliptischen Polarisation ein Glimmerblättchen, welches den beiden, durch dasselbe hindurch tretenden Strahlen, einen Gangunterschied von einer Viertelwellenlänge ertheilt. Bringt man den Hauptschnitt des Krystallplättchens in eine der Schwingungsrichtungen des elliptisch polarisirten Strahls, so muss das durch die Platte austretende Licht wieder geradlinig polarisirt sein und sich daher mit einem Nicol'schen Prisma auslöschen lassen. Die Stellung des Nicol zum Hauptschnitt des Krystallplättchens bei der Auslöschung, sowie der Einfallswinkel, bei welcher die vollständigste Auslöschung statt-

[1]) Weitere Methoden z. B. von Bouger u. Potter siehe Verdet; Leç. d'opt. phys. Vol. II § 376.

[2]) Brewster Phls. Transact. 1830. pag. 287. Pogg. Ann. Bd. 21. pag. 219.

[3]) Sénarmont: Ann. d. chim. et d. phys. Sér. III. I. 53 p. 337. 1840. Pogg. Ergbd. I. p. 451.

findet, bestimmen alsdann die elliptische Polarisation. Die Unzulänglichkeit aber dieser Methode beruht in der sehr empfindlichen Dispersion, welche das Glimmerplättchen hervorbringt, und wie auch Herr Quincke [1]) schon bemerkt, darin, dass für die Untersuchung der verschiedenen Farben Glimmerplättchen von verschiedener Dicke angewendet werden müssen. Mac Cullagh ersetzt daher bei seinen Untersuchungen die Glimmerplatte durch das Fresnel'sche Parallelepipedum, welches auf Strahlen von verschiedener Farbe auf gleiche Weise wirkt.

„Die Jamin'sche Methode“ [2]), sagt Herr Wiedemann, „die auf der Anwendung des zu einem Messinstrument „umgewandelten Compensators von Babinet in Verbindung „mit einem Nicol'schen Prisma besteht, ist wohl unstreitig „von den bisher angewandten Methoden die beste. Doch „muss man schon von vornherein homogenes Licht auf den „Apparat fallen lassen, was stets umständlich und mit „grossem Lichtverlust verbunden ist. Ferner giebt es, soviel „mir scheint, kein einfaches Mittel, durch das eine genaue „Orientirung der Axen der beiden Quarzkeile gegen die Ein„fallsebene und unter einander ermöglicht wäre. Ein Fehler „in dieser Einstellung führt aber einen ebenso grossen „Fehler in die Bestimmung der Lage der Axen der von „den Aethertheilchen beschriebenen Ellipsen ein. Wie wenig „genau ausserdem unter Umständen die Bestimmungen der „Amplitudenverhältnisse sind, zeigt der höchst eigenthüm„liche Gang dieser Grösse bei einigen der sehr sorgfältigen „Messungen von Herrn Quincke. Auf die Mängel der Be-

[1]) Quincke: Pogg. Ann. Jubelband.

[2]) Jamin: Ann. d. chim. et d. phys. Sér. III. T. 29. p. 263. 1850. Pogg. Ann. Erg. III. p. 232.

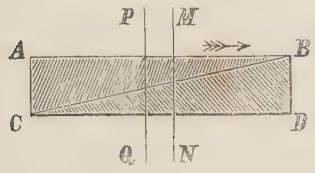
„stimmung der Einfallswinkel vermittelst der Jamin'schen „Methode, bei der sie durch Coincidiren der Schatten ver„schiedener Fadenkreuze bestimmt werden, weist Herr „Quincke auch bereits hin". Ich habe mich zu meinen Untersuchungen der letzt angeführten Methode bedient, da es mir gelungen ist den wesentlichsten der von Herrn Wiedemann angeführten Missstände zu beseitigen: die Orientirung der Quarzkeile des Compensators gegen einander und gegen die Einfallsebene [1]). Was die genauen Messungen des Amplitudenverhältnisses betrifft, so ist nicht zu leugnen, dass bei dieser Methode wie überall, wo es gilt auf ein Minimum oder Maximum der Helligkeit einzustellen, die Schwierigkeit der Bestimmung keine geringe ist. Die angegebenen Werthe sind daher bei nicht genauer Uebereinstimmung der einzelnen Ablesungen, das Mittel aus einer grossen Zahl von Beobachtungen. — Der Versuch die betreffenden Untersuchungen zu machen, ohne homogenes Licht direct auf das Spectrometer fallen zu lassen, missglückte, da ein Browning'sches Prisma à vision directe sich mit dem beweglichen Fernrohr an der Seite des Oculars nicht verbinden liess, ohne eine wesentliche Veränderung an den Fernröhren durch den Mechaniker vorzunehmen. Versuchte man das Prisma an der Seite des Objectivs zu befestigen, so erschien im Gesichtsfeld nur die mittelste Partie des Spectrums — ein kleiner Theil des Grünen. Ich war daher genöthigt, mich noch eines Spectralapparates zu bedienen. Die Combination der Apparate soll im Weiteren angegeben werden.

Indem ich die Theorie des Babinet'schen Compensators

[1]) Wie ich aus der mir vorliegenden Arbeit des Herrn Glan ersehe, so hat auch er den Einwurf des Herrn Quincke gegen den Compensator zurückgewiesen.

übergehe und auf die Anmerkung verweise, will ich zunächst auseinandersetzen, auf welche Art es mir gelungen ist, den Compensator zu orientiren. Das Instrument, wie es aus der Werkstatt hervorgegangen, war allerdings zur Messung des polarisirten Lichtes unbrauchbar. Es zeigte sich nämlich im homogenen Lichte unter gekreuzten Nicols ausser den Com-

Anmerkung. Der Compensator (vrgl. Verdet: leç. d'opt. phys. II.) Der Compensator Babinets gestattet die Gegenwart polarisirten Lichtes an dem Auftreten farbiger Streifen zu erkennen, welche erscheinen, sobald die einfallenden Strahlen parallel sind. Das Instrument besteht aus 2 gleichen rechtwinkligen Prismen, welche aus einem Bergkrystall parallel der Axe geschnitten sind. Die Prismen haben zur Basis die beiden langgestreckten rechtwinkligen Dreiecke *A B C* und *B C D* und sind mit ihren Hypotenusenflächen aneinander gelegt, dass sie ein rechtwinkliges Parallelepipedum bilden. Die Seitenflächen, welche durch *A B* und *C D* gehen, enthalten die Axen. Die erste ist parallel *A B* die zweite senkrecht zu *C D*. Die Ebene der Richtungen der beiden Axen steht senkrecht zur Ebene *A B C D*. Die Hauptschnitte der beiden rechtwinkligen Prismen stehen also senkrecht zu einander. Wenn man also auf die Fläche *A B* einen polarisirten Strahl fallen lässt, so theilt sich dieser Strahl in zwei Strahlen, von denen jeder das eine der Prismen im Sinne des ordentlichen Strahls, das andere im Sinne des ausserordentlichen Strahls durcheilt. Ein Strahl *M N*, welcher auf die Mitte des Compensators fällt, durchschreitet die beiden Prismen unter gleicher Dicke, folglich durcheilt jeder der Strahlen, in welche sich der auffallende Strahl theilt, gleiche Wege im Sinne des ordentlichen wie des ausserordentlichen Strahls, woraus hervorgeht, dass die Polarisation durch den Durchgang durch den Compensator nicht verändert wird. Etwas anderes ist es aber für die Strahlen, welche zu beiden Seiten von *M N* auffallen. Betrachten wir z. B. einen Strahl *P Q*, welcher das Prisma unter der Dicke *e* und das Prisma *B C D* unter der Dicke *e'* durchschreitet. Die beiden Componenten dieses Strahls nach den beiden Hauptschnitten des Compensators haben bei ihrem Austritt aus demselben einen Gangunterschied, welcher demjenigen gleich ist, den eine Quarzplatte von der Dicke $e - e'$ hervorbringt, und deren Hauptschnitt parallel ist dem Hauptschnitt desjenigen Prismas, welches der Strahl unter der grössten Dicke durchschreitet. Angenommen es fiele auf die Fläche *A B* ein Bündel paralleler Strahlen, deren Polarisationsebene mit jedem der Haupt-



pensatorfransen noch ein System von Interferenzstreifen, deren Anwesenheit die Ellipticität des reflectirten Lichtes zu messen nicht gestattete. Diese Interferenzstreifen treten am stärksten auf, sobald das einfallende Licht parallel oder senkrecht zu einer der muthmasslichen Axen des Compensators polarisirt war. Man hatte genau doppelt so viel Interferenzstreifen als Compensatorstreifen. Jeder Compensatorstreifen fiel mit einem Interferenzstreifen, die sich übrigens durch geringere Stärke auszeichneten, zusammen und zwischen zwei Compensatorstreifen fiel mithin noch ein Interferenzstreifen. Man konnte die Compensatorstreifen sehr leicht von den anderen dadurch unterscheiden, dass durch Drehen des Analysators um 90° die Compensatorstreifen um einen Interferenzstreifen weiter sprangen. Drehte man dagegen den Compensator um seine horizontale Axe, so wurden die

---

schnitte des Compensators einen Winkel von 45° bildet. Jeder der austretenden Strahlen setzt sich dann aus zwei Strahlen zusammen, die, senkrecht zu einander polarisirt, von gleicher Intensität sind und einen gewissen Gangunterschied haben. Dieser Gangunterschied ist Null für den Strahl $M\,N$ und sein absoluter Werth wächst für die Strahlen zu beiden Seiten von $M\,N$ im Verhältniss ihrer Entfernungen von $M\,N$. Alle die Strahlen, für welche der Unterschied der Dicke der beiden Prismen einen Gangunterschied von einem ungeraden Vielfachen von $\lambda/_2$ hervorbringt, sind rechtwinklig zur ursprünglichen Polarisationsebene polarisirt.

Dagegen sind alle Strahlen, für welche der Gangunterschied ein gerades Vielfaches von $\lambda/_2$ beträgt, in der Einfallsebene polarisirt. Wenn man das austretende Bündel mit einem Analysator auffängt, dessen Hauptschnitt parallel der Einfallsebene ist, so sieht man im ausserordentlichen Bilde einen schwarzen Streifen, welcher dem centralen Strahl $M\,N$ entspricht. Zu beiden Seiten dieser Fransen befinden sich weisse, dann gefärbte, wenn das auffallende Licht weiss ist, dunkle, wenn das Licht homogen ist. Das ordentliche Bild hat in der Mitte einen weissen Streifen, der von dunklen begrenzt ist. — Um die Lage der Polarisationsebene zu bestimmen, genügt es den Analysator soweit zu drehen bis die centrale Franse des ausserordentlichen Bildes so dunkel, wie möglich ist. Der Hauptschnitt des Analysators ist dann parallel der Polarisationsebene.

Interferenzstreifen gegen die Compensatorstreifen in der Weise verschoben, dass sie mit einander Winkel bis zu 60° bildeten, wodurch dann ein im Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohrs erzeugtes Spectrum mit einem Netz aus sechsseitigen regelmässigen Maschen durchzogen erschien. — Wenn die optischen Axen der Quarzprismen genau senkrecht zu einander ständen und die beiden Quarzkeile eine planparallele Platte bildeten, so musste bei einfallendem Lichte, welches zur Axe des ersten Quarzkeils parallel oder senkrecht polarisirt ist, sich nur ein Strahl durch den Compensator fortpflanzen, welcher mithin durch den Analysator ausgelöscht werden konnte. Das Auslöschen würde ein Mittel bieten, um den Compensator gegen die Einfallsebene zu orientiren. Wir kommen bei Gelegenheit der Einstellung des Apparats darauf zurück. Dieses Auslöschen fand aber nicht statt, sondern es trat eben bei angegebener Stellung des Polarisators die erwähnte Interferenzerscheinung am deutlichsten im Spectrum auf. Man konnte daraus schliessen, dass vielleicht die Axen der Quarzprismen nicht genau senkrecht gegen einander wären. Und in der That gelang es mir mit Hülfe des Mechanikers nach vieler Mühe diese Interferenzstreifen durch Verschieben der Quarzkeile in der Ebene der Richtung ihrer Axen zu beseitigen. Da nun durch die geringste Verschiebung der Keile die Fransen wieder hervortraten, so war dadurch festgestellt, dass die Interferenzstreifen durch die gegenseitige Lage der Axen der Keile bedingt seien.

Diese Erscheinung ist schon, wenn auch nicht am Compensator beobachtet und die Intensität der Fransen bei Gelegenheit des Savart'schen Polariscops dargestellt worden [1]).

[1]) Die Berechnung giebt Wild in seiner Broschüre: „Ueber ein neues Polaristrobometer, Bern 1865 Haller'scher Verlag pag. 28.

Wir finden nämlich eine ähnliche störende Interferenzerscheinung bei der Construction des Wild'schen Polaristrobometer wieder, zu dessen Hauptbestandtheilen eine aus 2 Theilen bestehende Doppelspathplatte gehört, deren Hauptschnitte senkrecht zu einander stehen. Während die Axen bei dem Compensator parallel der Grenzfläche sind, bilden sie hier einen Winkel von 45° mit den letzteren. Die Mechanici untersuchen diese Doppelspathplatten unter gekreuzten Nicols im Natriumlichte auf die erwähnte störende Interferenzerscheinung und verwerfen alle diejenigen Platten, bei welchen sich diese Nebenerscheinung zeigt [1]). Das Verschwinden dieser Fransen bietet auch uns ein bequemes Mittel für die Orientirung der Quarzkeile gegen einander. Um diese Orientirung bequemer ausführen zu können, werden die Herren Schmidt und Haensch in der Folge die eine der Compensatorplatten vermittelst mehreren Mikrometerschrauben gegen einander verstellbar machen.

Die Beschreibung des Apparates.

Der Apparat, welchen ich zu meinen Messungen gebrauchte, ist derselbe, welchen Mitscherlich, zu seinen berühmten Arbeiten über die Veränderung der Krystallwinkel mit der Temperatur benutzte [2]). Mitscherlich selbst hat dieses Instrument niemals beschrieben, dagegen gedenkt G. Rose in seiner „Erinnerung an E. Mitscherlich" dieses werthvollen Apparates mit folgenden Worten: „Die Versuche blieben „damals 1826 liegen, doch nahm sie Mitscherlich zu ver„schiedenen Zeiten immer wieder auf. Er stellte später dazu

[1]) Ich erhielt von Herren Schmidt und Haensch ein Plattenpaar, welches dieses Streifensystem auf das Schönste zeigt.

[2]) Mitscherlich: Wärme. Abhlg. d. Acad. 1825. Monatsber. 1857.

„einen neuen Apparat zusammen, der ähnlich dem war, „womit er die verschiedene Ausdehnung der Winkel bei den „Zwillingskrystallen gemessen hatte. Er bestand in einem „bis in $^1/_6$ Grad (!) getheilten horizontalen Kreis von 15 Zoll „Durchmesser, in dessen Mitte das Beobachtungsprisma mit „dem Apparat zu seiner Erwärmung aufgestellt war, und „an dessen Rande sich 3 Fernröhre befanden. In dem Dia- „phragma des einen war die Spalte angebracht, die erleuchtet „wurde und den zu spiegelnden Gegenstand abgab, die an- „deren Fernröhre, mit welchen das Bild beobachtet wurde, „hatten Mikrometerschrauben, mittelst welcher an dem ge- „theilten Kreise die Winkel noch bis auf 2 Secunden abge- „lesen werden konnten. Den Apparat hatte Mitscherlich in „der Academie vorgezeigt und über die damit angestellten „Versuche zwei Vorträge gehalten, 19 März 1846 und 3. Aug. „1848, aber schriftlich nichts darüber bekannt gemacht. Die „Theilung auf dem Instrument ist indessen von Herrn Oertling „angefertigt worden, und dieser ausgezeichnete Künstler hat „später noch 2 vollständige Apparate derselben Art ange- „fertigt, so dass dieselben doch bekannt sind. Von diesen „ist der eine für das physikalische Cabinet in Wien bestimmt, „an den Prof. v. Ettingshaussen gesandt, der andere, nach- „dem er bei der Industrie-Ausstellung in London, da er „erst längere Zeit nach der Eröffnung angekommen, leider „an einem nicht recht passendem Orte aufgestellt war, in „den Besitz des Herrn Splittgerber in Berlin übergegangen".

Die Bemerkung dass der Kreis in $^1/_6$ Grad getheilt sei, beruht auf ein Versehen Rose's. Derselbe ist in $^1/_{12}$ Grade getheilt und die Ablesung vermöge der Mikrometer beträgt 1 Secunde. Im Uebrigen entspricht die Beschreibung und die angegebene Dimension vollständig der Wirklichkeit. Herr

Geheimrath Helmholtz liess diesen Apparat, dessen Fernröhre schon stark beschädigt waren, im Winter 78/79 in der Werkstatt von Fr. Schmidt und Haensch umbauen, so dass derselbe zur Messung des elliptisch polarisirten Lichtes angewendet werden konnte. Die 3 alten Fernröhre wurden verworfen und durch 2 neue ersetzt, von denen eins, das Beobachtungsfernrohr beweglich war, das andere, Collimatorrohr dagegen feststand. Ausserdem wurden an dem Beobachtungsfernrohr, wie an dem beweglichen Tischchen, die Mikroscope mit den Ablesungsmikrometern angebracht. Jedes der Fernröhre konnte an der Seite des Objectivs mit einem Nicol'schen Prisma versehen werden. Derselbe war in einer Kreistheilung befestigt, die in einer Hülse spielte, an welcher ein Nonius direct eine Minute abzulesen gestattete. Sollte die elliptische Polarisation gemessen werden, so wurde das Ocular des Beobachtungsfernrohres entfernt und zunächst der Compensator daran befestigt, an welchem die Verschiebung sowohl durch eine Mikrometerschraube mit Gradtheilung, als auch durch einen Massstab, in $\frac{1}{5}$ Millimeter getheilt, gemessen werden konnte. Zwischen den beiden Quarzkeilen befand sich ein feststehendes andreaskreuzförmiges Fadenkreuz. — Vor dem Compensator wurde bei Benutzung desselben das andere Ocular aufgeschraubt und der Nicol des Beobachtungsfernrohrs vom Objectiv vor das Ocular versetzt. Das feststehende Collimatorrohr hatte an Stelle des Oculars einen verstellbaren Spalt; unmittelbar hinter demselben befestigte ich in der Blendung ein Fadenkreuz.

Die Einstellung des Apparates.

Das Spectrometer wurde auf herkömmliche Weise justirt. — Man stellte zunächst das Beobachtungsfernrohr auf einen

entfernten Gegenstand ein, und bewirkte durch Ausziehen des beweglichen Theiles des Collimators, dass jegliche Parallaxe zwischen den auf einander eingestellten Fadenkreuzen der beiden Fernröhre verschwand. Alsdann wurde ein Prisma von Crownglas auf das Tischchen gesetzt und das letztere soweit verstellt, bis die Reflexion des Fadenkreuzes des Collimators an beiden Flächen des Prismas sich genau mit dem Fadenkreuz des Beobachtungsrohres deckten. Die Flächen des Prismas stehen dann parallel der Drehungsaxe der beiden Fernröhre. Man beleuchtete das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohres, indem man vermöge einer spiegelnden Glasfläche durch das Ocular Licht in das Fernrohr warf. Durch Heben resp. Senken des letzteren, wurde das beleuchtete Fadenkreuz mit seiner Reflexion an einer der Prismenflächen zur Deckung gebracht — die Axe des Beobachtungsrohrs steht dann senkrecht zu seiner Drehungsaxe. Nachdem nun das Collimatorrohr auf das Beobachtungsrohr eingestellt war, stand die Axe des Collimators ebenfalls senkrecht zur Drehungsaxe und die Axen der Fernröhre hatten mithin dieselbe Richtung. Die Justirung war damit beendet. — Man lässt nun mit Hülfe eines Heliostaten Sonnenlicht auf den Apparat fallen. Das Nicol'sche Prisma des Beobachtungsfernrohrs wird auf der Seite des Objectivs befestigt und das Rohr so gegen den Collimator gestellt, dass das Licht unter dem Polarisationswinkel des Glases (54°) auf die reflectirende Fläche eines Prismas aus Crownglas fällt, welches auf dem Tischchen des Apparates zuvor so befestigt wurde, dass seine Seiten der Drehungsaxe des Instruments parallel waren. Das von dem Prisma reflectirte Licht ist dann in der Einfallsebene polarisirt. Man bringt mit Hülfe des Nicols am Objectiv des Beobachtungsfernrohrs

das Gesichtsfeld auf vollkommenste Dunkelheit, geht in die Geradstellung zurück, befestigt den anderen Nicol am Collimator und bringt durch diesen das Gesichtsfeld auf vollkommenste Dunkelheit. Die Polarisationsebene des letzteren ist dann parallel der Einfallsebene. Man notire diese Stellung des Polarisators, entferne dann den Nicol des Beobachtungsfernrohrs vom Objectiv und befestige ihn vorläufig an einem andern festen Stativ vor dem Ocular, so dass das einfallende Licht durch denselben ausgelöscht wird. Setze nun den Compensator, dessen Axen bereits nach der angegebenen Methode orientirt sind, mit seinem dazu gehörigen Ocular auf und stelle die Fernröhre auf paralleles Licht ein. Drehe nun den Compensator in einer der Axe des Fernrohrs senkrechten Ebene bis zur möglichsten Dunkelheit des Gesichtsfeldes. Die Stellung des Compensators zur Einfallsebene ist dann eine möglichst richtige. Wende nun den Analysator um 45^0. Durch geringes Drehen des Compensators von einer Seite zur anderen, wechseln die Fransen ihre Lage; zwischen diesen Lagen tritt völliges Verschwinden ein. Wie leicht einzusehen, sind für diese Stellung des Compensators — das Verschwinden der Streifen — die Axen desselben zur Einfallsebene parallel und senkrecht. Da sich nun dieser Punkt mit grosser Genauigkeit fixiren lässt, so ist damit die Stellung des Compensators zur Einfallsebene ein für alle Mal festgestellt.

Um mit homogenem Licht operiren zu können, habe ich aus dem Beobachtungsfernrohr eines Bunsen-Kirchhoff'schen Spectralapparates das Ocular entfernt und mit Hülfe des genannten Instruments, dessen Spalt durch Sonnenlicht erleuchtet war, ein Spectrum auf die verstellbare Spalte des Spectrometers geworfen. Zu gleicher Zeit beleuchtete

man die Scala des Spectralapparates und stellte letzteren Apparat so, dass man die Scala und das Spectrum mit den Frauenhofer'schen Linien deutlich im Gesichtsfelde des Beobachtungsrohrs am Spectrometer beobachten konnte. Nachdem die Natriumlinie, D, auf 150 der Scala gebracht worden war, fiel die Linie C auf 172, die Linie F auf 91. Sollte die elliptische Polarisation für gelbes Licht (D) bestimmt werden, so brachte man die D Linie mit der senkrechten des Fadenkreuzes der Blendung zur Deckung und hielt mit Hülfe des Spaltes des Collimators die übrigen Theile des Spectrums ab. Die Scala wäre unter diesen Umständen überflüssig gewesen; doch da das Sonnenlicht im verflossenen Sommer den Untersuchungen nur sehr wenig günstig war, so wurden mehrere Beobachtungen mit dem Drumond'schen Kalklicht gemacht, wo alsdann die Scala unerlässlich war. Die Anwendung des Kalklichtes ist an gehöriger Stelle angegeben.

Gang der Untersuchung.[1]

Wir lassen einen unter $+ 45^0$ gegen die Einfallsebene polarisirten Lichtstrahl direct auf die Mitte des Compensators fallen. Derselbe wird in 2 Componenten zerlegt, welche keinen Gangunterschied haben. Der resultirende austretende Strahl kann also mit dem Analysator ausgelöscht werden; die Folge davon ist, dass wir eine dunkle Franse im Gesichtsfelde haben, welche der Mitte des Compensators entspricht. Bringen wir dieselbe vermöge der Mikrometerschraube des Compensators auf die Mitte des Fadenkreuzes, verschieben alsdann das bewegliche Prisma um die Grösse L

[1]) Jamin: Ann. de Chim. et de Phys. Ser. 3. T. 29. pag 263. 1850. Pogg. Ann. Ergzbd. 3. pag. 232.

bis der nächste dunkle Streifen sich auf dem Fadenkreuz befindet, so entspricht diese Verschiebung dem Gangunterschied einer Wellenlänge λ, wie aus der bereits angegebenen Theorie des Compensators folgt. Da nun der Gangunterschied proportional der Verschiebung wächst, so entspricht dem Gangunterschied x die Verschiebung ε. Wir haben daher $x = \frac{1}{L}\lambda$. In dieser Arbeit sind die Grössen x, ε und L in Theilungsgraden der Mikrometertrommel des Compensators gemessen worden. — Da sich nun das eine der Prismen nach beiden Seiten verschieben lässt, so bezeichnet man den Gangunterschied, welcher durch Drehen nach der einen Richtung entsteht, mit +, den durch Drehen nach der andern Richtung entstehenden mit —. Weil der Quarz eine negative Doppelbrechung besitzt und in diesem Instrument die Axe des beweglichen Quarzkeils horizontal ist, so hat die nach der Einfallsebene polarisirte Componente die grössere Geschwindigkeit. Verschiebt man daher den beweglichen Quarzkeil im Sinne der wachsenden Dicke derselben, so bezeichnet man den Gangunterschied als „positiv", umgekehrt als „negativ".

Lassen wir jetzt den unter + 45 polarisirten einfallenden Lichtstrahl durch die spiegelnde Fuchsinfläche reflectiren, so wird derselbe elliptisch polarisirt. Wir fassen diesen Strahl als die Resultante zweier Strahlen auf von verschiedener Amplitude, welche parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirt sind und die einen gewissen Gangunterschied haben. Treten nun diese Strahlen in den Compensator, so wird weder ihre Schwingungsrichtung noch ihre Intensität durch denselben verändert, wohl aber ihre Phase. Dieser Phasenänderung tritt nun die durch die elliptische Polarisation

bedingte hinzu, wenn sie beide gleichnamig, subtrahirt sich von ihr, wenn sie ungleichnamig sind. In beiden Fällen aber kann man dem Compensator vermöge des beweglichen Prismas eine Stellung geben, dass die Summe dieser Gangunterschiede ein Vielfaches von $\lambda/_2$ ist, wo die elliptische Polarisation wieder auf die geradlinige zurück geführt ist. Es ergiebt sich daher folgende Art der Messung für die Phasendifferenz im homogenen Lichte: Man bestimmt zunächst L aus der Verschiebung der Quarzkeile um den Abstand zweier dunkler Fransen, ausgedrückt in Theilen der Mikrometertrommel. Nachdem dies geschehen, bringt man die mittlere Franse wieder auf den Faden und zeichnet die Stellung der Mikrometertrommel, wie die des Massstabes auf. Durch die Reflexion erfahren die Fransen dann eine seitliche Verschiebung. Nachdem man nun die Franse in ihre alte Lage zurückgebracht hat, notirt man wiederum die Stellung und erhält so mit Leichtigkeit l, ausgedrückt in Graden der Trommel. Indem man nun in die Formel $x = \frac{l}{L}\lambda\,;\,\lambda = 1$ setzt, so ergiebt sich daraus die betreffende Phasendifferenz, ausgedrückt in Wellenlängen des angewandten Lichtes.

Ist α der Winkel, welchen die Einfallsebene mit der Polarisationsebene des einfallenden Strahls bildet, so sind $sin\ \alpha$ und $cos\ \alpha$ die parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Componenten. Durch die Reflexion verwandeln sich diese Componenten in $I.\ cos\ \alpha$ und $I'.\ sin\ \alpha$. Da aber der Compensator die Richtung der Schwingungen nicht beeinflusst, so wird das Azimut β des resultirenden austretenden geradlinig polarisirten Strahls gegeben sein, durch die Gleichung $tang\beta = \frac{I'.\ sin\ \alpha}{I.\ cos\ \alpha}$ oder $tang\beta = \frac{I'}{I}.\ tang\alpha$

Da wir aber $\alpha = + 45^0$ für unsere Untersuchungen haben, so ergiebt sich daraus $tang\ \beta = \frac{J'}{J}$, d. h. der *tang* des direct gemessenen Winkels β drückt das Amplitudenverhältniss der Componenten des elliptisch polarisirten Strahls aus. Die Bestimmung des Amplitudenverhältnisses geschieht daher, indem zunächst bei Gerad-Stellung der Fernröhre der Stand des Analysators markirt wird, bei welcher die beobachtete Franse ihre grösste Dunkelheit hat. Nach der Reflexion bringt man ebenfalls die mittlere Franse auf grösste Dunkelheit und notirt die jetzige Lage des Analysators. Aus beiden Stellungen berechnet sich alsdann auf die einfachste Weise der Winkel β.

Will man für einen bestimmten Winkel f Phasendifferenz und Amplitudenverhältniss messen, so hat man mit dem Beobachtungsrohr von der Gerad-Stellung sich um $180^0 - 2f$ zu entfernen, dasselbe festzustellen und den Spiegel in diejenige Lage zu bringen, bei welcher das Fadenkreuz des Collimators mit dem des Beobachtungsfernrohrs coincidirt.

Die Bestimmung des Haupteinfallswinkels für die betreffende Farbe geschah in der Weise, dass man das Prisma des Compensators soweit verschob, bis die beiden Componenten des mittleren einfallenden Strahls einen Gangunterschied von $\lambda/_4$ des zu beobachtenden Lichtes hatten. Alsdann wurde dieser Gangunterschied durch Reflexion an der Fuchsinfläche ausgeglichen. Der Einfallswinkel, bei dem dieser Ausgleich stattfindet, die Franse also in die ursprüngliche Lage wieder zurückgekehrt, ist dann der Haupteinfallswinkel.

Die Haupteinfallswinkel des Fuchsins.

Ich lasse nun zunächst zwei Tabellen der von mir an zwei Fuchsinspiegeln gefundenen Haupteinfallswinkel mit dem zugehörigen Amplitudenverhältniss für die verschiedenen Frauenhofer'schen Linien folgen. Jede der nachfolgenden Zahlen ist das Mittel aus mindestens 6 Beobachtungen. Die Wellenlänge λ ist in Millionstel Millimeter angegeben.

Es wurde beobachtet für:

Roth die Linie C — $\lambda = 656$
Gelb - - D — $\lambda = 589$
Grün - - E — $\lambda = 526$
Grün - - b — $\lambda = 518$
Blau - - F — $\lambda = 484$
Violett - - G — $\lambda = 428$

Tabelle I.

Farbe.	Roth C	Gelb D	Grün E	Grün b	Blau F	Violett G
λ	656	589	526	518	484	428
Haupt-einfallswkl.	$72^0 59^1$	$70^0 19^1$	$67^0 40^1$	$66^0 46^1$	$64^0 2^1$	$57^0 50^1$
Amplituden-Verhältniss.	0,185	0,293	0,425	0,441	0,465	0,514

Die vorliegenden Resultate sind an dem besten der Spiegel gefunden, welche aus dem Material von „Bayer Barmen 1866“ dargestellt worden sind.

Tabelle II.

Farbe.	Roth *C*	Gelb *D*	Grün *E*	Grün *b*	Blau *F*	Violett *G*
λ	656	589	526	518	484	428
Haupteinfallswkl.	71°35′	70°30′	67°15′	65°31′	63°44′	57°48′
Amplituden-Verhältniss.	0,173	0,235	0,377	0,422	0,461	0,521

Diese Zahlen beziehen sich auf einen Fuchsinspiegel, welcher aus dem reineren Fuchsin dargestellt wurde. Doch stand der Spiegel an Schönheit dem ersteren etwas nach, weil ich aus diesem Material nur 2 Spiegel herstellen konnte, da die Menge des mir zu Gebote stehenden Fuchsins zu gering war, um eine hinreichend concentrirte Lösung zu liefern.

Die Spiegel, an welchen diese Resultate erhalten wurden, waren am 15ten und 16ten Juni hergestellt worden. Am 1ten Juli begann ich mit den Messungen an denselben. Ich theile diese Zahlen hier mit, weil die Fuchsinspiegel mit der Zeit sichtbar ihre Farbe ändern. Kurz nach der Bereitung zeigen dieselben eine grünliche Farbe, während sie nach und nach mehr gelblich werden. Doch konnte ich in den innerhalb verhältnissmässig kurzen Zeiträumen keine wesentlichen Aenderungen der Haupteinfallswinkel bemerken.

Ich theile nun behufs Vergleichung die Resultate für 2 Spiegel aus demselben Material mit, welche Herr Dr. Glan in dem letzten Heft der Wiedemann'schen Annalen veröffentlicht hat.

Tabelle III.

Farbe.	Roth *C*	Gelb *D*	Grün *E*	Grün *b*	Blau *F* ½ *G*
λ	626	589	526	517	465
Haupt-einfallswinkel.	72°0′	68°50′	66°27′	65°24′	58°5′
Amplituden-Verhältniss.	0,199	0,249	0,358	0,399	0,600

Tabelle IV.

Farbe	Roth *C*	Gelb *D*	Grün *E*	Grün *b*	Blau *F* ½ *G*
λ	626	589	526	517	465
Haupt-einfallswinkel.	71°15′	68°54′	66°27′	65°30′	57°54′
Amplituden-Verhältniss.	0,200	0,259	0,373	—	0,482

Wir erkennen aus diesen Tabellen die grosse Uebereinstimmung der Haupteinfallswinkel und Hauptamplitudenverhältnisse. Zu bemerken ist jedoch, dass die Beobachtungen für Roth bei mir für die Linie *C* gemacht worden sind, während Herr Glan ein Roth von kürzerer Wellenlänge beobachtete. Ebenso bezieht sich die in der letzten Rubrik der III. und IV. Tabelle angegebene Messung auf eine Farbe zwischen Blau und Violett.

Tabelle V.

(Die Tabelle der Haupteinfallswinkel wie sie von Herrn Wiedemann gefunden.)

Farbe.	*C*	*D*	*E* ½ *b*	*F*	*F* ½ *G*	*G*
Haupteinfallswkl.	66°3′	65°45′	59°48′	53°	50°23′	53°
Amplituden-Verhältniss.	0,084	0,225	0,340	0,320	0,020	—

Aus diesen Tabellen geht hervor, dass mit abnehmender Wellenlänge die Haupteinfallswinkel für Fuchsin abnehmen, dagegen die Hauptamplitudenverhältnisse zunehmen. Herr Wiedemann glaubt im Violetten ein abermaliges Wachsen des Haupteinfallswinkels und eine Abnahme des Hauptamplitudenverhältnisses gefunden zu haben; jedoch hat er selbst diese Messung für nicht ganz zuverlässig angegeben. Für Roth *C* ist nach Herrn Wiedemann das reflectirte Licht fast in der Einfallsebene polarisirt, da die Polarisationsebene des austretenden Strahls mit der Einfallsebene einen Winkel von nicht 4° bildet, während dieser Winkel bei Herrn Glan und mir über 10° beträgt. Diese Abweichungen legen die Vermuthung nahe, dass das von Herrn Wiedemann untersuchte Fuchsin nicht einfach salzsaures Rosanilin gewesen sei, da unter dem Namen „Fuchsin“ eine grosse Anzahl von Salzen des Rosanilin in den Handel kommt. So hat z. B. Herr Lundquist in Upsala die Reflexion des Lichtes an einem Fuchsin untersucht, das essigsaures Rosanilin mit

einer Quantität arsenigsauren Rosanilins ist. Herr Lundquist hat die Reflexion in Glas an Fuchsin gemessen. Die folgende Tabelle giebt seine gefundenen Werthe der Haupteinfallswinkel und Hauptamplitudenverhältnisse mit den Werthen verglichen, welche Herr Wiedemann durch die Reflexion in Luft an Fuchsin gefunden hat [1]).

Tabelle VI.

(A gleich Haupteinfallswinkel, θ gleich Hauptazimut).

Linien.	A			θ		
	Glas-Fuchsin		Luft-Fuchsin.	Glas-Fuchsin		Luft-Fuchsin.
	beob.	berechn.		beob.	berechn.	
C	51°30′	56°2′	66°3′	0°28′	—	4°43′
D	55°12′	56°34′	65°45′	6°36′	15°1′	12°41′
E ½ b	51°18′	51°2′	59°48′	16°12′	23°4′	18°47′
F	45°45′	44°15′	53°0′	17°54′	24°12′	17°45′
F ½ G	41°48′	38°36′	50°23′	10°48′	1°46′	1°9′

[1]) Lundquist: Reflexion des Lichts an der Oberfläche isotroper Körper. Tafel 9. Pogg. Ann. Bd. 152.

Die Messungen der Phasenänderungen und der Intensität des elliptisch-polarisirten Lichts.

Tabelle VII.

Roth C; $\lambda = 656$.

Einfallswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Amplitdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	0,0000	31° 44′	0,6184
80°	0,0000	22° 50′	0,4210
75°	— 0,0953	13° 31′	0,2403
70°	— 0,4074	12° 51′	0,2281
65°	— 0,4613	17° 4′	0,3070
60°	— 0,4875	21° 34′	0,3952
55°	—	26° 5′	0,4895
50°	—	30° 38′	0,5922
45°	—	34° 3′	0,6757
40°	—	35° 41′	0,7181
35°	—	37° 55′	0,7789
30°	—	40° 59′	0,8688
25°	—	41° 54′	0,8976
20°	—	44° 8′	0,9702

(Bei kleineren Einfallswinkel gestattet der Apparat keine weiteren Messungen mehr).

Aus dieser Tabelle ergiebt sich die Phasendifferenz negativ. Das Fuchsin verhält sich mithin für rothes Licht wie ein Körper mit negativer Reflexion. Der Haupteinfallswinkel liegt zwischen 70° und 75°. Die Phasendifferenz wird in

der Nähe des Haupteinfallswinkels bemerkbar und wächst unmittelbar hinter demselben zu $\lambda/_2$. Die Aenderung des Amplitudenverhältnisses geschieht allmählich; dasselbe nimmt bis zum Haupteinfallswinkel ab, um dann beständig mit kleinerem Einfallswinkel wieder bis auf 1 zu wachsen.

Tabelle VIII.

Gelb D ; $\lambda = 589$.

Einfallswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Ampltdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	+ 0,0415	37° 26′	0,7655
80°	+ 0,0673	26° 32′	0,4993
75°	+ 0,1391	21° 14′	0,3885
70°	+ 0,2638	14° 24′	0,2567
65°	+ 0,4241	23° 27′	0,4338
60°	+ 0,4773	25° 56′	0,4863
55°	+ 0,4935	27° 51′	0,5284
50°	—	30° 6′	0,5797
45°	—	32° 2′	0,6257
40°	—	33° 35′	0,6640
35°	—	35° 37′	0,7164
30°	—	37° 46′	0,7748
25°	—	40° 17′	0,8476
20°	—	42° 29′	0,9158

Die vorliegende Tabelle zeigt positive Reflexion; das Zunehmen der Phasendifferenz geschieht allmählicher wie beim Roth. Der Haupteinfallswinkel liegt zwischen 70° und 75°.

Tabelle IX.

Grün E ; $\lambda = 526$.

Einfallswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Ampltdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	+ 0,0334	35° 43′	0,7190
80°	+ 0,0458	32° 26′	0,6354
75°	+ 0,1260	28° 43′	0,5478
70°	+ 0,2351	26° 24′	0,4964
65°	+ 0,2973	26° 5′	0,4895
60°	+ 0,3664	27° 19′	0,5165
55°	+ 0,4074	29° 47′	0,5723
50°	+ 0,4300	31° 36′	0,6152
45°	+ 0,4488	34° 3′	0,6758
40°	—	35° 52′	0,7230
35°	+ 0,4716	38° 9′	0,7855
30°	—	39° 44′	0,8312
25°	—	41° 43′	0,8915
20°	—	42° 46′	0,9249

Die Reflexion ist positiv; die Aenderung der Phase geschieht ganz allmählich. Der Haupteinfallswinkel liegt zwischen 65° und 70°.

Tabelle X.

Grün b ; $\lambda = 518$.

Einfallswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Ampltdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	+ 0,0299	39° 14′	0,8165
80°	+ 0,0799	35° 26′	0,7115
75°	+ 0,1423	32° 57′	0,6482
70°	+ 0,2039	28° 58′	0,5535
65°	+ 0,2728	30° 4′	0,5789
60°	+ 0,3228	30° 26′	0,5875
55°	+ 0,3615	32° 34′	0,6387
50°	+ 0,3869	34° 53′	0,6972
45°	+ 0,4237	36° 56′	0,7517
40°	+ 0,4312	38° 58′	0,8088
35°	+ 0,4634	39° 51′	0,8346
30°	+ 0,4836	42° 4′	0,9025
25°	+ 0,4856	42° 46′	0,9249
20°	+ 0,4877	43° 40′	0,9545

Die Reflexion ist hier ebenfalls positiv, und die Phasendifferenz wächst allmählich bis $\lambda/_2$. Der Haupteinfallswinkel liegt, wie aus der Tabelle hervorgeht zwischen 65° und 70°. (Die vorstehenden Messungen wurden mit dem Drumond'schen Kalklicht gemacht).

Tabelle XI.

Blau F ; $\lambda = 484$.

Einfalswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Ampltdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	+ 0,0544	36° 10′	0,7310
80°	+ 0,0952	33° 4′	0,6511
75°	+ 0,1596	28° 10′	0,5354
70°	+ 0,2118	25° 40′	0,4806
65°	+ 0,2478	25° 5′	0,4681
60°	+ 0,3800	27° 40′	0,5243
55°	+ 0,4278	30° 2′	0,5781
50°	+ 0,4460	31° 20′	0,6088
45°	+ 0,4579	33° 52′	0,6711
40°	+ 0,4831	35° 40′	0,7177
35°	+ 0,4862	38° 15′	0,7883
30°	+ 0,4897	39° 12′	0,8156
25°	—	41° 25′	0,8821
20°	—	42° 31′	0,9169

Die Reflexion ist positiv, die Phasendifferenz wächst allmählich. Der Haupteinfallswinkel liegt zwischen 60° und 65°.

Für Violett konnten die Versuche nicht angestellt werden, weil das Spectrum bereits zu lichtschwach war, um genaue Messungen zu liefern.

Tabelle XII.

Einfallswkl.	Roth C; $\lambda = 656$.		Gelb D; $\lambda = 589$.		Grün E; $\lambda = 526$.		Grün b; $\lambda = 518$.		Blau F; $\lambda = 484$.	
	Phasendiff.	Ampltdverh.	Phasendiff.	Ampltdverh.	Phasendiff.	Ampltdverh.	Phasendiff.	Ampltdverh.	Phasendiff.	Ampltdverh.
(90°)	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000)
85°	0,0000	0,6184	+ 0,0415	0,7655	+ 0,0334	0,7190	+ 0,0299	0,8165	+ 0,0544	0,7310
80°	0,0000	0,4210	+ 0,0673	0,4993	+ 0,0458	0,6354	+ 0,0799	0,7115	+ 0,0952	0,6511
75°	— 0,0953	0,2403	+ 0,1391	0,3885	+ 0,1260	0,5478	+ 0,1423	0,6482	+ 0,1596	0,5354
70°	— 0,4074	0,2281	+ 0,2638	0,2567	+ 0,2351	0,4964	+ 0,2039	0,5535	+ 0,2118	0,4806
65°	— 0,4613	0,3070	+ 0,4241	0,4338	+ 0,2973	0,4895	+ 0,2728	0,5789	+ 0,2478	0,4681
60°	— 0,4875	0,3952	+ 0,4773	0,4863	+ 0,3664	0,5165	+ 0,3228	0,5875	+ 0,3800	0,5243
55°	—	0,4895	+ 0,4935	0,5284	+ 0,4074	0,5723	+ 0,3615	0,6387	+ 0,4278	0,5781
50°	—	0,5922	—	0,5797	+ 0,4300	0,6152	+ 0,3869	0,6972	+ 0,4460	0,6088
45°	—	0,6757	—	0,6257	+ 0,4488	0,6758	+ 0,4237	0,7517	+ 0,4579	0,6711
40°	—	0,7181	—	0,6640	—	0,7230	+ 0,4312	0,8088	+ 0,4831	0,7177
35°	—	0,7789	—	0,7164	+ 0,4716	0,7855	+ 0,4634	0,8346	+ 0,4862	0,7883
30°	—	0,8688	—	0,7748	—	0,8312	+ 0,4836	0,9025	+ 0,4897	0,8156
25°	—	0,8976	—	0,8476	—	0,8915	+ 0,4856	0,9249	—	0,8821
20°	—	0,9702	—	0,9158	—	0,9249	+ 0,4877	0,9545	—	0,9169

Tabelle XIII.

Roth C ; $\lambda = 656$.

Einfallswkl.	Phasendiffrz.	Azimut.	Ampltdverh.
(90°	0,0000	+ 45°	1,0000)
85°	0,0000	31° 20′	0,6088
80°	0,0000	21° 45′	0,3989
75°	— 0,0934	14° 2′	0,2499
70°	— 0,3989	12° 40′	0,2247
65°	— 0,4717	16° 24′	0,2943
60°	— 0,4865	21° 18′	0,3893
55°	—	26° 12′	0,4920
50°	—	30° 40′	0,5930
45°	—	34° 8′	0,6779
40°	—	35° 6′	0,7028
35°	—	37° 10′	0,7581
30°	—	39° 26′	0,8224
25°	—	41° 15′	0,8770
20°	—	43° 50′	0,9601

Die vorliegende Tabelle bezieht sich auf den zweiten von mir untersuchten Fuchsinspiegel. Wir sehen, dass auch bei diesem für das äusserste Roth die Reflexion eine negative ist. Die Aenderung der Phase und Amplitude geschieht

analog dem ersten Spiegel. Diese grosse Uebereinstimmung ist auch für die anderen Farben zu bemerken. Ich unterlasse daher die weitere Angabe der gefundenen Zahlen, da aus den angeführten Resultaten der Gang der Erscheinungen genügend erhellt [1]).

Im Gegensatz zu Herrn Wiedemann ergab sich aus meinen Untersuchungen die Reflexion in Luft an Fuchsin für rothes Licht negativ. Es folgt daraus, dass die Brechungsexponenten der von uns untersuchten Substanzen, sich für rothes Licht wesentlich von einander unterscheiden, der Brechungsexponent des von Herrn Wiedemann untersuchten Fuchsins in Bezug auf Luft muss grösser sein als derjenige des von mir untersuchten. Die Reflexion des Lichts in Glas am Fuchsin für rothe Strahlen fand Herr Lundquist ebenfalls negativ.

Es ergiebt sich für die Reflexion in Luft des von mir untersuchten Fuchsins folgendes:

1. *Die Haupteinfallswinkel nehmen mit abnehmender Wellenlänge ebenfalls ab.*
2. *Die Hauptamplitudenverhältnisse nehmen mit abnehmender Wellenlänge zu; d. h. das Licht von kürzerer Wellenlänge wird durch die Reflexion nach der Einfallsebene weniger polarisirt, als Licht von grösserer Wellenlänge.*
3. *Die Reflexion ist für das äusserste Roth negativ, während sie für alle anderen Farben positiv ist.*
4. *Die durch die Reflexion bewirkte Phasendifferenz wird für rothes Licht erst in der Nähe des Haupteinfalls-*

[1]) Die benutzten Spiegel befinden sich im physical. Cabinet der Universität Rostock.

winkels bemerkbar, um dann schnell bis zu ihrem Maximum zu wachsen, während für die Farben denen gegenüber das Fuchsin ein beträchtliches Reflexionsvermögen besitzt, die Zunahme der Phasendifferenz allmählich geschieht. Mit anderen Worten: für rothes Licht verhält sich das Fuchsin wie ein durchsichtiger Körper, während es sich für Blau und Grün wie ein metallischer verhält. Gelb steht bei seiner Reflexion am Fuchsin in der Mitte zwischen den für dasselbe durchsichtigen und metallischen Farben.

Zum Schluss erlaube ich mir an dieser Stelle den Herren meinen Dank auszusprechen, welche mich mit Literatur und anderem Material bei dieser Arbeit so freundlich unterstützt haben: Herren Geheimrath Helmholtz, Dr. Liebisch und Dr. Glan, welch letzterem ich mich verpflichtet fühle, für das Interesse zu danken, mit welchem er den letzten Theil meiner Messungen verfolgt hat.

Thorn, im Januar 1880.